



Serkan Bilgiç, Cemil Yıldız, Ali Şehirlioğlu
GATA Ortopedi ve Travmatoloji AD, Ankara, Türkiye

Özet

Omurganın normal sınırlarının dışında olan sagittal deformitesine kifoz denir. Torasik omurgada 50-60 dereceden fazla kifoz genellikle anormal kabul edilir. Omurganın patolojik durumlarda en sık görülen deformitesidir. Özet olarak omurganın anatomisi ve biyomekaniği hakkında bilgi verilecek, sonra PTK'nin etyopatogenezinden, hastaların belirti ve bulgularından; en son olarak tedavi prensip ve yöntemleri anlatılacaktır.

Anahtar Sözcükler

Posttravmatik, Kifoz.

Abstract

The abnormal sagittal deformity of spine is called kyphosis. Thoracic kyphosis above 50-60 degrees is accepted as abnormal. Kyphosis is the most common deformity in pathologic cases. Firstly we will give information about anatomy and biomechanics of spine, than about etiopathogenesis of posttraumatic kyphosis, sign and symptoms. Finally treatment principles and methods will be explained.

Keywords

Posttraumatic, Kyphosis.

Giriş

Omurganın normal sınırlarının dışında olan sagittal deformitesine kifoz denir. Torasik omurgada 50-60 dereceden fazla kifoz genellikle anormal kabul edilir. Omurganın patolojik durumlarda en sık görülen deformitesidir. Lomber lordozun (normalde:30-40°) azalması veya kaybolması da patolojik kabul edilir. Lomber bölge kifozları klinik yönden daha önemlidir. Omurga kırıklarından sonra akut veya kronik olarak spinal kord hasarı ile veya hasarsız olarak posttravmatik kifoz (PTK) oluşabilmektedir [1]. Günümüzde vertebra kırıklarındaki tanı ve tedavi yöntemlerinin oldukça ilerlemesine rağmen, PTK genellikle ilk başta yapılan tedavideki başarısızlık sonucunda gelişir [4,36,39,43].

Bu bölümde önce özet olarak omurganın anatomisi ve biyomekaniği hakkında bilgi verilecek, sonra PTK'nin etyopatogenezinden, hastaların belirti ve bulgularından; en son olarak tedavi prensip ve yöntemleri anlatılacaktır.

Omurga anatomi ve biyomekaniği

Spinal patolojinin, görüntüleme yöntemlerinin ve cerrahi yaklaşımların kavranması için ilk basamak iyi bir anatomi ve biyomekanik bilgisidir. Vertebra cisminin orta bölümü, birbiriyle bağlantılı rod ve plakaların oluşturduğu üç boyutlu trabeküler bir sistemden meydana gelmiştir. Bu trabeküler yapı özellikle lomber vertebralarda olmak üzere kompresyon güçlerine karşı direncin yaklaşık %90'ını sağlamaktadır. Ayrıca trabeküler yapıdaki kemik iliği de ek olarak kompresif dayanıklılığı ve enerji absorpsiyonunu arttırmaktadır. Vertebral kolonun anterior elemanları (silindirik vertebra cismi ve disk) kompresif kuvvetlere, posterior ligamentöz yapıları ise tensil (germe) kuvvetlere karşı direnç gösterirler [25]. Anterior ve posterior yapılar aynı zamanda makaslama ve dönme kuvvetlerine ve eğilme momentlerine karşı direnci de sağlamaktadırlar.

Omurga biyomekaniğinde hareket ve dengeyi sağlayan ve vertebral kolonda deformite oluşturan kuvvetler (vektör) incelenmektedir. İnsanda en verimli bir şekilde enerji kullanımı (ergonomi) için gerekli denge (balans) ve hareketi (mobilite), multi-segmentli bir vertebral kemik kolonu sağlar. Bu kolona frontal düzlemde bakıldığında, 10 dereceden daha az bir lateral eğrilik vardır. Lateral düzlemde bakıldığında ise fizyolojik servikal lordoz, torasik kifoz ve lomber lordoz görülür [31].

Sagittal konturun dengesi sagittal vertikal aksa bağlıdır [6]. Omurganın yük taşıma veya başka bir deyişle yükü iletme aksına sagittal vertikal aks denmektedir ve kraniovertebral bileşkeden başlayıp servikal omurga cisimleri boyunca iletilip aşağıya iner. Daha sonra torakal omurgaların anteriorundan geçip T12'de vertebral kolonu çaprazlayıp, lomber omurgaların posteriorundan geçer ve S1 vertebra cisminin posterosuperior köşesinden omurgayı çaprazlar.

Normal bir omurgada sagittal planda birbirini dengelemiş dört eğrilik vardır: servikal omurgalar lordotik; torasik omurgalar ise kifotiktir (20-50 derece, ortalama 35 derece), eğrilik T2 den T12'ye kadar uzanır ve en fazla T7'de dorsale açılır; lomber bölge lordotiktir (30-50 derece, ortalama 40 derece), en fazla L3'de ventrale açılır. Son olarak sakral eğrilik kifotiktir. Torasik kifoz yaş ilerledikçe artmakta, lomber lordoz ise azalmaktadır. Kişi ayağa kalktığında torasik kifoz ve lomber lordoz dengelenmektedir [35].

Sakral ve torasik sagittal eğrilikler strüktürelidir. Sakrumdaki ri-

jit kifoz, füzyone olmuş sakral segmentler sonucu oluşmuştur. Torasik kifozun oluşmasında etkili faktörler ise torasik vertebra raların trapezoidal şekilleri, intervertebral disk pozisyonları ve kostaların sağlamlaştırıcı etkisidir. Servikal ve lomber vertebra lar sagittal planda dikdörtgen şeklindedir. Hem servikal hem de lomber kifoz intervertebral disklerin pozisyonları sonucunda oluşur.

Vertebra kırıkları omurganın biyomekaniğini değiştirir. Vertebra kırıklarının yaklaşık %90'ında, anterior kompresyon ve posterior gerilmeye yol açan fleksiyon momenti birliktedir. Vertebra cismindeki ve/veya posterior elemanlardaki hasar ve sonra gelişen zayıflık vertebra cisminin kollapsına yol açabilir. Daha sonra bu kifoza doğru ilerler. Kifoz sonucunda yerçekimi merkezi daha da anteriora kayar ve bunun sonucunda deformasyon yapan kuvvetler fazlalaşır. Gövde kaslarının veya erekör vertebral kasların kontrolü kaybolduğu zaman, vertebraya gelen stres artar [40].

Etyopatogenez

Acil servis hizmetlerindeki ve uygun immobilizasyon sağlanmasındaki gelişmeler spinal kord ve kolon yaralanması ve bunlara bağlı mortalite insidansını azaltmıştır [44,45]

Mortalitedeki bu azalma spinal kolon kırıklarının uzun dönem sonuçlarını daha görülebilir hale getirmiş ve posttravmatik spinal deformitelerde daha sık farkedilebilir olmuştur [46]. Halen en yaygın görülen posttravmatik deformite tipik olarak çoğunlukla torasik veya torakolomber bölgede izlenen kifozdur [39, 45, 47].

Posttravmatik kifoz en sık spinal kolon kırığına neden olan majör bir travma sonucu ortaya çıkar (Çoğunlukla fleksiyon-kompresyon tip, fleksiyon distraksiyon tip kırıklar ve ciddi burst kırıkları). Ancak kemik kalitesinin bozulduğu osteoporoz, ankilozan spondilit, osteogenesis imperfekta tarda ve diğer endokrin ya da genetik hastalıklarda, tümör ve enfeksiyonlarda minör travma sonrası da gelişebilir [7,18,46].

Posttravmatik deformite %50'nin üzerinde kollapsın oluştuğu burst kırıklarında konservatif tedavi uygulandığında [30], travma sonrasında 30 derece ve üzerinde kifoz oluştuğunda (sagittal indeks >20°) [27,28], torakolomber kırık nedeniyle laminektomi uygulanan olgularda gelişebilir.

Travmatik olayın kendisinin oluşturduğu akut posttravmatik deformiteye ilaveten hasta geç posttravmatik deformite ile de gelebilir. Bu psödoartroz, implant yetmezliği, sadece posterior cerrahi, kısa füzyon segmenti ve/veya geçirilmiş laminektomi, cerrahi sonrasında uygulanan implantların erken çıkarılması [9]. gibi yaralanmanın tedavisiyle ilgili faktörlerden kaynaklanabileceği gibi vertebra cisminin osteonekrozu veya Charcot omurga gibi tedaviyle ilgisiz faktörlerden de kaynaklanabilir [46].

Psödoartrozis geç PTK'a neden olabilir. Psödoartrozisli hasta progresif spinal deformite, cerrahi alanda lokalize ağrı, nonunionun radyolojik belirtisi ve enstümentasyon yetmezliği ile gelebilir. Bazen derin enfeksiyon semptomatik nonuniona yol açtığı için gizli enfeksiyonun psödoartroz olgularında araştırılması önemlidir. Psödoartroz dışında implant yetmezliği yapan faktörler progresif posttravmatik deformiteye yol açabilir. Bu tipik olarak implant/kemik bileşkesindeki aşırı yüklenmeye (kuvvetin), yetersiz implant tutunmasına, hasta uyumsuzluğuna ve/veya zayıf/osteoporotik kemiğe bağlıdır. Tek başına posterior cerrahi, kısa füzyon segmenti ve geçirilmiş laminektomi gibi birkaç faktör omurga kırığının başlangıç tedavisi sonrası

progresif posttravmatik kifozu yol açabilir [45, 48-51]. Yine kısa füzyon segmentleriyle tedavi edilen hastalarda 10 derece ve üzerinde progresif kifoz olduğu gösterilmiştir [49-51].

Kümmel's hastalığı olarak bilinen nadir bir hastalık olan vertebra cisminin osteonekrozisi de ayrıca posttravmatik deformiteye yol açabilir. Minör travma sonrası geç dönemde vertebra cisminin osteonekrozisi gelişir ve sonra kollaps gelişerek progresif deformiteye yol açabilir [52, 53].

Charcot omurga (nöropatik spinal artropati) yaralanma seviyesinin aşağısında his kaybı ve paralizisi gelişen, konservatif ya da cerrahi tedavi edilen spinal kord yaralanmalı hastalarda görülen progresif posttravmatik deformiteye neden olan nadir bir hastalıktır. Charcot omurgası olan hastalar progresif kifoz, fleksiyon instabilitesi ve yükseklik kaybıyla gelebilirler [45, 48, 54- 59].

Semptom ve Bulgular

PTK sonrası gelişebilecek semptom ve bulgular mekanik ve/veya nörolojik patolojiler sonucunda gelişecektir. Mekanik instabilite, ağrının asıl nedeni olabilir. Ağrının tipik karakteristiği sabit olmasıdır. Hasta eğildiğinde, bir yük kaldırdığında, döndüğünde, uzun süre oturduğunda veya ayakta kaldığında artış gösterir. Yatak istirahati ağrının şiddetini azaltır. Bundan başka hastalar psödoartroz, kırığın bir üst veya altındaki diskin dejenerasyonu veya faset eklem artrozunun neden olduğu apikal bir ağrıdan da rahatsız olabilir. Yaygın şekilde bir ağrı görülmesi ise bu hastalardaki artmış fleksiyon momentine karşı koymak için ekstansör vertebral kasların sürekli olarak aşırı kasılmasına bağlıdır. Bel ağrısı lomber vertebralarda meydana gelen kompensatuar hi-

perlordoz sonucu oluşan faset artrozu nedeniyle oluşabilir. Torakolomber bölgedeki kifoz, kompensatuar olarak normal dorsal kifoz ve lomber lordoz açılarını bozarak bel ve sırt ağrılarını neden olabilir. Belirli bir seviyede oluşan instabilite, kifozun artmasına, fleksiyon ve ekstansiyonda vertebranın anormal hareketine, omurganın fleksiyon ve/veya ekstansiyonu ile rahatsızlık veren vertebral harekete ve bazen de kifozun apeksinde bası yaralarına yol açabilir. İleri derecedeki kifozlarda interkostal aralıkların daralmasına bağlı yan ağrıları ve dispne görülür.

Nörolojik hasarın artması ve inkomplet defisit oluşmasının başlıca nedeni kifozun apeksinde spinal kordun anterior kompresyonudur. Özellikle osteoporotik kompresyon kırıklarından sonra geç dönemde nörolojik bulgular ortaya çıkabilmektedir (Tablo 1).

PTK sonucu bağırsak, mesane ve seksüel disfonksiyon ile ilgili semptomlar da görülebilir. Ciltteki tutulum alanına bağlı olarak dermal disestezi veya hiperestezi, alt ekstremitelerde güç kaybı görülebilir.

Tedavi: Prensip ve Cerrahi Teknikler

PTK'nın tedavisi zordur o nedenle PTK için en iyi tedavi yaklaşımı mümkün olduğunca deformite gelişmeden bunun önlenmesidir. Bu yüzden, bütün kolonların hasara uğradığı spinal instabilite durumlarında dekompanasyon oluşmadan önce cerrahi tedavi uygulanmalı ve komplikasyonları önleyecek bir mekanik stabilite ortamı oluşturulmalıdır. Özellikle T12 ve L1 seviyesinde oluşan osteoporotik kompresyon kırıkları en az 1 yıl çok dikkatli bir şekilde takip edilmelidir. Eğer PTK oluşur ve semptomatik hale

gelirse, o zaman cerrahi müdahale endikasyonu doğar [42,43].

Kostuik ve Matsusakiye göre posttravmatik kifoz için önemli cerrahi endikasyonlar progresif nörolojik defisit ve konservatif tedaviyle geçmeyen ağrıdır [16]. Posttravmatik kifotik deformitelerin cerrahi girişim uygulamasında 30° ve üzeri sınır olarak kabul edilmektedir [16, 19, 24, 60].

Vaccaro ve Silber sagittal plandaki progresif deformitenin de keskin endikasyonlar arasında bulunduğunu savunmuştur [45]. Deformiteyle ilgili kozmetik

Tablo 1. Erken veya geç dönemde nörolojik semptom çıkma riski olan patolojiler.

1.	Torakolomber bölge kırığı (T11-L1)
2.	Anterior veya orta kolon kırığı (Burst kırığı)
3.	Ciddi kama (wedge) tarzında kompresyonun görülmesi (Medullar basıya neden olur.)
4.	Kırık vertebra cismi içinde vakum gölgesinin görülmesi (Bu kemiğim iskemik nekrozunu gösterir)(MRI bulgusu)
5.	Segmental instabilite veya hipermobilitate + MRI'da kanal içinde vertebral fragman görülmesi

Tablo 2. Omurga kırıklarının tedavi prensipleri ve Posttravmatik kifoz (PTK) tedavisinde ek olarak değerlendirilmesi gereken farklılıklar.

Kırık Tedavi Prensipleri	PTK'daki Farklılıklar
<ul style="list-style-type: none"> Deformitenin düzeltilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Kifoz genellikle rijittir.
<ul style="list-style-type: none"> Yük-dağıtma ve gergi-bant (tension-band) sisteminin tekrar oluşturulması 	<ul style="list-style-type: none"> Korreksiyonun sağlanması kırığa göre daha zordur, çünkü kemiksel deformiteye ek olarak yumuşak doku kısılması ve uzaması meydana gelmiştir.
<ul style="list-style-type: none"> Yalnızca hasarlanmış segmentlerin füzyonu 	<ul style="list-style-type: none"> Dural adezyonlar nedeniyle nörolojik komplikasyon riski çok yüksektir.
<ul style="list-style-type: none"> Postoperatif ilk günden itibaren stabilitenin sağlanması 	<ul style="list-style-type: none"> Tek segmentin hasarı çok nadiren görülür; çoğu vakalarda iki segment hasarlıdır.

Tablo 3. Posttravmatik kifoz tedavisinde kullanılan cerrahi teknikler.

1.	Anterior dekompresyon +Anterior füzyon (kosta / fibular allogreft)
2.	Anterior dekompresyon + Anterior füzyon (otogreft/allogreft) + Anterior enstrumentasyon (+/- vertebral spacer/cage)
3.	Aynı seansta önce Anterior dekompresyon ve Anterior füzyon (otogreft/allogreft) + Anterior enstrumentasyon (+/- vertebral spacer/cage) + Posterior enstrumentasyon + Posterior füzyon (otogreft/allogreft)
4.	İki ayrı seansta (Two-stage) anterior+posterior yaklaşım
5.	Anterior dekompresyon +Posterior dekompresyon + Anterior enstrumentasyon + Anterior füzyon
6.	Tek seansta Dorso-ventro-dorsal yaklaşım (Posterior dekompresyon+ Posterior geçici stabilizasyon+ Anterior dekompresyon +Anterior füzyon (kosta / fibular allogreft) + Posterior füzyon (otogreft/allogreft)+ Posterior enstrumentasyon)
7.	Posterior egg-shell yöntemi
8.	Posterior kapalı kama (closing wedge) osteotomisi

şikayetlerde rölâtif endikasyonlardandır.

Kırık tedavisinde kullanılan prensipler posttravmatik kifoz için uygulanan cerrahi tekniklerde de uygulanabilir (Tablo II). Özellikle fonksiyonel anatominin tekrar eski haline getirilmesi gereklidir.

Çok değişik tedavi seçeneklerinin bulunması nedeniyle PTK'nın tedavisi hala tartışmalıdır (Tablo III). Cerrahi tedavideki başlıca hedef kifozun korreksiyonu ve stabil bir mekanik yapı oluşturmaktır. Aynı zamanda nörolojik defisit bulunan olgularda spinal kord dekompresyonu da mutlaka yapılmalıdır. Böylece hastaların hem şikayetleri hem de nörolojik defisitleri düzelebilir (Tablo IV).

Cerrah kifotik deformiteyi düzeltirken solid füzyon elde edilene kadar anterior kolonu desteklemeli (kompresif kuvvetler), yeterli posterior enstrümantasyon (tensil kuvvetler) sağlamalıdır.

Tablo 4. Posttravmatik kifozun cerrahi tedavisindeki başlıca hedeflerimiz.

1.	Sinir ve kord dekompresyonu ile spinal kanal çevresindeki fizyolojik ve topografik ilişkilerin restore edilmesi
2.	Anterior ve posterior vertebral kolonun mono/oligosegmental korreksiyon/rekonstrüksiyonu
3.	Komşu sağlam segmentlere zarar vermeden elde ettiğimiz korreksiyonu korumak için hemen ve postoperatif uzun dönem stabilitenin sağlanması
4.	Güçlü, güvenli ve hızlı kemik füzyonunun (kaynamasının) elde edilmesi

Tablo 5. Posterior yaklaşımın dezavantajları.

1.	İndirek nöral dekompresyon
2.	Sağlam posterior elemanların hasarı
3.	Anterior kolonun desteklenmesinde güçlük
4.	Daha uzun seviyede posterior enstrümantasyonun gerekliliği
5.	Anterior ek girişim gerektirebilmesi

Tablo 6. Posterior kapalı kama (closing wedge) osteotomisinin avantajları.

1.	Kısa operasyon süresi
2.	Anterior cerrahi girişime gerek kalmaması ve tek seansta düzelme
3.	Daha az intraoperatif kan kaybı
4.	Daha düşük postoperatif morbidite
5.	Sagittal aksta çok iyi düzelme
6.	Transpediküler spinal sistem kullanımı ile solid spinal stabilizasyon ve füzyon
7.	Füzyon için yeterli kemik grefti sağlanması
8.	Anterior kolon yetmezliği görülmemesi

Özellikle global sagittal balansın bozulduğu fokal kifotik deformitelerde anterior destek olmaksızın tek başına yapılan posterior enstrümantasyona aşırı tensil kuvvetler binmekte, uzun bir eğilme momenti oluşmakta ve bunun sonucunda implant yetmezliği, korreksiyon kaybı ve psödoartroz ortaya çıkabilmektedir. Harrington rod sisteminin ortaya çıkışıyla post-travmatik kifoz cerrahi tedavisinde posterior enstrümantasyon ve füzyon kullanılmaya başlanmış daha sonra bunun post-travmatik kifoz deformitesinin optimal korreksiyon ve stabilizasyonunda yeterli olmadığı anlaşılmıştır [16, 22] (Tablo V). Bu yöntemle kifotik deformite ilerleyebilir ve implant yetmezliği kaçınılmaz olabilir[45] (Resim 1).

Post-travmatik kifoz tedavisinde en iyi yaklaşımın anterior yaklaşım olduğunu tek başına anterior enstrümantasyonla başarılı sonuçlar alınabileceğini savunan çalışmalar mevcuttur[16, 19, 61, 62].

Orta kolon kırığı ve kanal içinde kemik parçasının bulunması, nonunion, ağırlı kifotik deformite anterior yaklaşım endikasyonlarını oluşturur [16].

Anterior yaklaşım ile ön ve orta kolona posterolateral veya transforaminal yaklaşıma göre daha kolay ulaşılmakta, deformite korreksiyonu ve füzyon sağlanmasını kolaylaştırıcı anterior yapısal destekler daha kolay yerleştirilmektedir [16, 32, 63, 64].

Anterior dekompresyonla nöral dekompresyon ve daha yüksek korreksiyon oranları anterior yaklaşımla elde edilebilmektedir [16, 47, 65].

Robertson ve Whitesides posterior elemanların sağlam olduğu olgularda yalnızca anterior füzyon uygulamışlar, serilerindeki 18 hastadan 17'sinde hiçbir progresyon gözlemeyip yeterli füzyon ve iyi bir mekanik stabilite elde etmişlerdir [32]. Kaneda, anteriordan konulan Kaneda cihazının düşük dereceli post-travmatik kifoz tedavisinde yeterli olduğunu bildirmiştir [11]. Dekompresyon ve strut greftleme sonrası anterior enstrümantasyon posterior enstrümantasyon kadar stabilite sağlamaktadır [16].

Been ve ark ları post-travmatik kifozun cerrahi tedavisinde anterior enstrümantasyonla posterior enstrümantasyonu karşılaştırmış ve iki grup arasında radyolojik ve klinik sonuçlar açısından benzerlik bulmuştur [66].

Anterior enstrümantasyonun kullanılmaya başlamasından itibaren stabilizasyonla ilgili komplikasyonların nadir görülmektedir. Mc Afee'nin çalışmasında 35 hasta anterior Kaneda fiksasyon sistemiyle tedavi edilmiş, 33 hastada (%94) solid artrodez (kifoz da artış görülmeden) gösterilmiştir[29]. Kaneda ve ark.larının ilk 100 hastalık serisinde, 6 hastada psödoartroz (%6) görülmüştür. Bu transvers bağlantıların kullanılmaya başlamasından sonra bir hastaya (%1) kadar azaltılabildiği [10,11].

Anterior enstrümantasyonun en önemli avantajı posterior enstrümantasyona göre daha az sayıda mobil segmentin füzyon alanına katılması, dolayısıyla bitişik vertebrada iatrojenik hasara neden olunmamasıdır [66, 67]. Kifotik deformite varlığında nöral elemanlara bası tipik olarak anteriordan olmaktadır. O nedenle bu olguların dekompresyonuna geleneksel yaklaşım anteriordan korpektomi uygulamasıdır. İnkomplet nörolojik defisit anterior dekompresyonla daha iyi iyileşmektedir [38, 64, 68, 69].

Anterior interbody greft desteği konulması yük paylaşımıyla füzyon oranını arttırmakta, lordoz restorasyonuna yardım etmektedir. İnterbody greft geleneksel anterior yaklaşımla, posterior transforaminal veya posterior lomber interbody füzyon yaklaşımıyla yerleştirilebilir [47]. Yeni tekniklerden XLİF'de bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır [70]. Son yıllarda özellikle osteoporotik omurganın geç PT rekonstrüksiyonlarında vertebroplasti veya kifoplastiyle polimetilmetakrilat sement desteği faydalı olabilmektedir. Bu gibi durumlarda osteoporotik enstrümantasyon seviyelerin sementle desteklenmesi stabiliteyi ve implantın pullout kuvvetini arttırmaktadır.

Anteriordan yerleştirilen greftleri korumak ve vertebral instabiliteyi düzeltmek için anterior girişimi takiben yapılan posterior enstrümantasyon en yaygın kullanılan yöntemdir [9, 37, 47, 60, 71].

Kombine yaklaşım (anterior+posterior), posterior stabilitede sorun olduğu zaman endikedir. Ayrıca tek başına uygulanan anterior yaklaşımda, deformitenin korreksiyonu çoğu vakada posterior yapılar tarafından engellenebilmektedir.

Bohm ve arkları posteriorda rijit kifoz varlığında, genellikle yalnızca anterior yaklaşım yapıldığında yeterli korreksiyonun sağlanamayacağını savunmuşlardır [3]. Böhm ve arkları Dorso-ventro-dorsal yaklaşım ile tedavi ettikleri 40 PTK vakasının takiplerinde belirgin korreksiyon kaybı, psödoartroz ve nörolojik bulgularda ilerleme görmediklerini bildirmişlerdir [3].

Anterior cerrahi çok iyi bir şekilde uygulandığında meydana gelen eğilme momentleri, yalnızca anterior füzyon yapılan olgularda saptanan başarısızlığın (%50) en başta gelen nedenidir. Bundan dolayı bu hastalarda iki-aşamalı veya kombine (anterior+posterior) cerrahi endikasyonu vardır.

Malcolm ve ark'ları semptomatik PTK nedeniyle yalnız kosta veya fibular allogreft kullanarak anterior füzyon yaptıkları 48 hastanın %50'sinde başarısız sonuç almışlar, posterior füzyon veya kombine anterior ve posterior füzyon uyguladıkları bütün olgularda ise primer füzyon elde etmişlerdir [24].

Global pozitif sagittal imbalanslı hastalardaki esnek deformite, osteotomiye gerek olmaksızın intraoperatif pozisyon verme ve

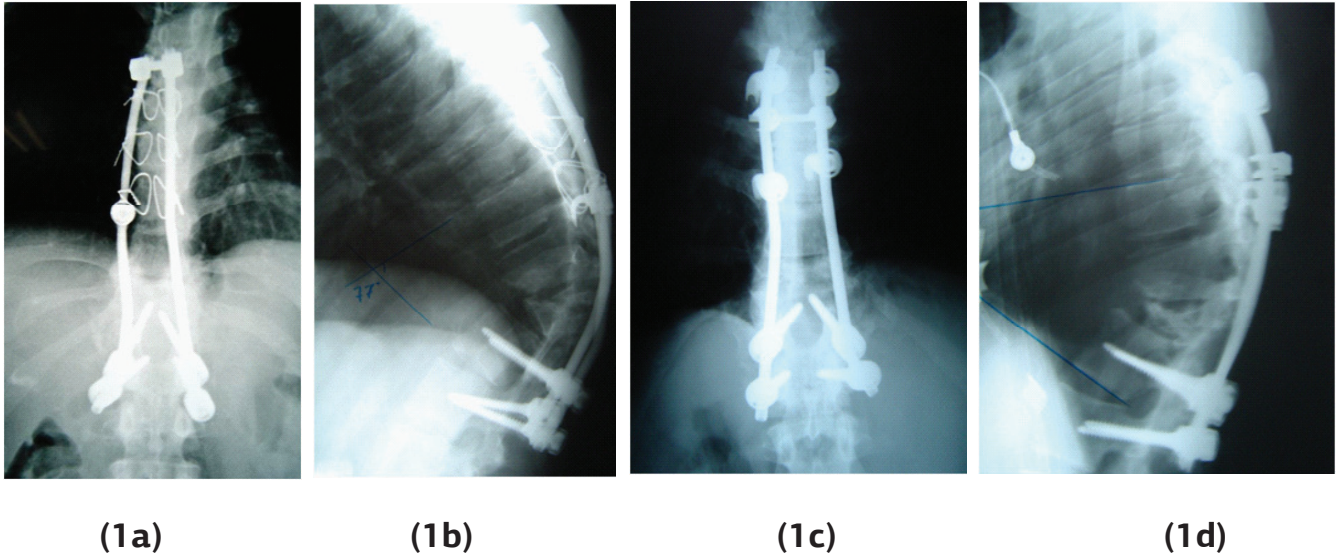
duvarları kapalı kama şeklinde çıkarılır [77, 78].

Omurga daha sonra vertebra cisminin ön sınırından itibaren hiperekstansiyona getirilir.

Teknik zorluğuna ve artmış kanamaya rağmen PSO'nun SPO'ya göre avantajları vardır;

PSO ön kolonu yükseltmeden segmental kifozu düzeltir(SPO vertebra cisminin arka sınırı boyunca korreksiyon aksına sahiptir ve bu ön kolonda yükselmeye neden olur). PSO anterior ve posterior kemikleri uç uca getirir, daha fazla stabilite sağlar, kemik kaynama potansiyelini artırır, tek bir seviyede daha fazla düzelleme sağlar(ort 30-35 derece), asimetrik olarak yapılabilmesine bağlı olarak hem koronal hem de sagittal planda düzelleme sağlar [75, 80-83].

SPO rutin olarak torasik omurgadaki keskin açılı post-travmatik kifozlarda kullanılırken PSO daha çok lomber bölgenin keskin açılı kifozlarında kullanılır [46]. Minör sagittal imbalanslı(<2.5-5 cm) ve yuvarlak post-travmatik kifozlu hastalarda (torasik



Resim 1. İmplant yetersizliğine bağlı torakolomber bölgede 77°'lik kifotik deformite (1a,b) gelişen hastaya posterior yaklaşımla rijit enstrümantasyon ve posterior füzyon (1c,d) uygulandı.

enstrümantasyonla tedavi edilebilir.

Esnek olmayan deformiteler ise Smith-Petersen veya pedikül subtraksiyon osteotomisi gibi osteotomiler gerektirir.

Posterior chevron osteotomi Smith-Petersen osteotomi (SPO) olarak bilinir. İstenilen seviyede posterior elemanların rezeksiyonuyla (ligamentum flavum ve fasetler) posterior kolonu kısaltır, segmentler arasında posterior kompresyon uygulanır, posterior kolon kapanarak sagittal korreksiyon sağlanır. Anteriorda disk boyunca bir miktar yükselme görülür [46]. Bu tip osteotomide anterior kolondaki yükselme boyunca omurgada stabilite kaybı olur o nedenle rijid segmental posterior fiksasyon gereklidir. Kifoz korreksiyonunu sürdürmekteki potansiyel başarısızlık nedeniyle anterior kolon yapısal greftlemesi bu osteotomi sonrası önerilmektedir [17, 72-75]. Tek seviye SPO ile ortalama 10-15 derece düzelleme elde edilmektedir. Thomassen ilk olarak transpediküler kortikal dekansellasyon osteotomisini (pedikül subtraksiyon osteotomi=PSO) tanımlamıştır [76].

Daha sonra diğer otörler egg shell osteotomiyi tanımlayan teknik varyasyonları tarif etmiştir [77-79]. PSO için önce korreksiyon planlanan seviyede posterior elemanlar çıkarılır [80], sonra pedikül içinden vertebra cismi dekansellasyonuna başlanır, egg shell modifikasyonunda posterior ve lateral vertebra cisminin

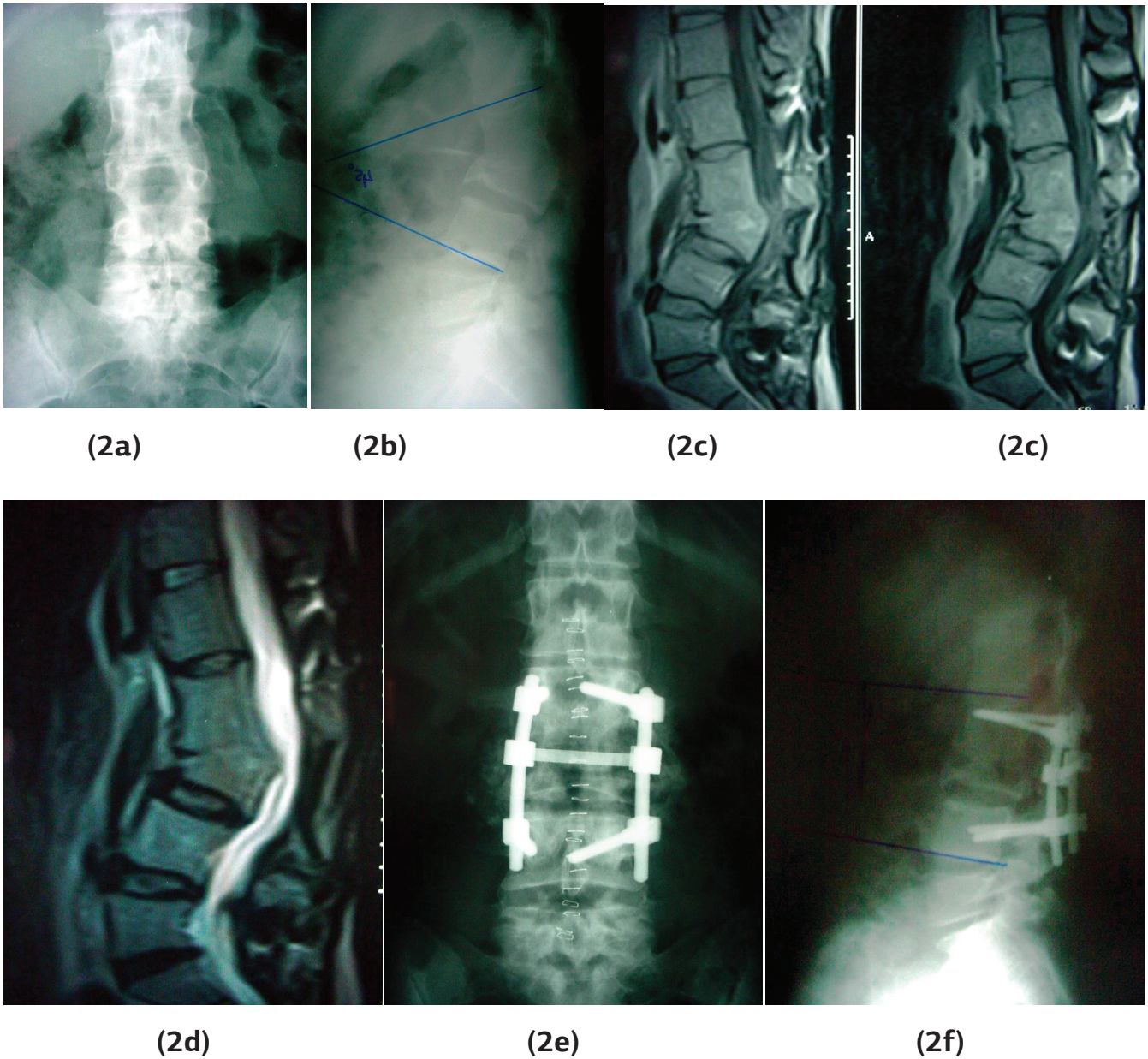
veya lomber) SPO uygulanabilir. Majör sagittal imbalanslı ve keskin açılı post-travmatik kifozlar (torasik veya lomber) çoğu zaman PSO gerektirir ancak bazen özellikle torasik bölgedekiler vertebral kolon rezeksiyonuyla da düzelebilir [13, 84, 85].

Torasik majör sagittal imbalans ve yuvarlak PTK tek veya multipl SPO ile, lomber majör sagittal imbalans ve yuvarlak PTK PSO ile tedavi edilir. Torasik minör sagittal imbalans ve keskin açılı kifoz SPO veya PSO (veya vertebral kolon rezeksiyonu) ile, lomber minör sagittal imbalans ve keskin açılı kifoz PSO ile tedavi edilir [46]. Sakruma uzanan uzun füzyon uygulamalarında anterior kolon desteği psödoartroz oranını azaltmak için gereklidir [86].

Global sagittal dengeyi etkilediği için fokal deformite korreksiyonu önemlidir. 30 derece ve üzerindeki lokal kifoz açılı hastalarda kronik ağrı riski artmaktadır [5, 24, 32].

Post-travmatik kifozda %50-100 olguda ağrı görülmektedir [9, 45, 66].

Cerrahi sonrasında özellikle ağrı belirgin bir şekilde azalabilmektedir. Malcolm ve arkları serilerinde hastalarının %31'de ağrının belirgin bir şekilde azaldığını ve %67'de tamamen kaybolduğunu bildirmiştir [24]. Kostuik ve ark.ları hastalarının %78'de ağrıda belirgin azalma saptamışlardır [15-17]. Bohlman ve ark.ları ise 45 hastalık vaka serisinin



Resim 2. 32 yaşındaki bayan hasta çocukluğunda ağaçtan düşmüş ve herhangi bir tedavi görmemiştir ve PTK gelişmiştir. Preoperatif AP (2a) ve lateral (2b) radyogramlarda apeksi L3 olan 45°lik kifotik deformite görülmektedir. Midsagittal T1 (2c) ve T2 (2d) MRI kesitlerinde lomber spinal kanalın L3 seviyesinde ileri derecede daraldığı, L3 ve L4 intervertebral diskinin tamamen kaybolduğu görülmektedir. Hastaya posterior yaklaşımla, laminektomi, posterior osteotomi, dekompresyon, redüksiyon, posterior enstrümantasyon ve füzyon (2e,f) uygulandı.

30'unda ağrının tamamen kaybolduğunu 11'inde ise kısmen kaybolduğunu saptamışlardır [2].

Bridwell ve ark ları posttravmatik deformiteli hastaların cerrahi düzeltmeyle ağrılarının azaldığını bulmuştur [81, 82].

Ahn ve ark ları spinal osteotomi sonrası iyi fonksiyonel sonuç ve radyolojik düzelme olduğunu göstermiştir [87]. Kostuik ve Matsusaki enstrümantasyon, anterior stabilizasyon ve dekompresyonla geç post-travmatik kifozda hastaların çoğunda ağrı azalma bildirmiştir [16].

Anterior enstrümantasyon ağrı şikayetinde belirgin azalmaya yol açmaktadır [4,31, 88].

PTK'da geç dönemde ortaya çıkan lokalize ağrı veya nörolojik defisit en sık nedeni anteriordan kronik kord kompresyonudur. Bradford ve McBride posterior dekompresyon ile karşılaştırdıklarında anterior dekompresyon yapılan vakalarında nörolojik bulguların daha iyi iyileştiğini bildirmişlerdir (Anterior:%88 & Posterior: %64). Normal bağırsak ve mesane kontrolü anterior dekompresyon yapılan grupta daha sık olarak geri dönmüştür (Anterior:%69 & Posterior: %33) [69].

Transfeldt ve ark.ları yaralanmadan sonra 2 yıldan daha az süre içinde ameliyat yaptıklarında, hastaların % 68'inde nörolojik belirtilerin iyileştiğini ve Frankel derecesinin %32 hastada düzeldiğini, %43'ünde mesane fonksiyonların iyileştiğini bildirmişlerdir [38]. Bohlman ve arkları anterior cerrahi sonrasında 25 hastadan 21'inde (%84) iyileşme elde etmiş, 14 vakasında ise Eismont sınıflandırmasına göre bir ya da daha fazla derecesinin ilerlediğini bildirmişlerdir [2]. PTK cerrahisinde en korkulan komplikasyon nörolojik yaralanmadır ve oran %0 ile %20 arasında değişmektedir [45, 66]. PTK cerrahisi sonrası görülen diğer komplikasyonlar postoperatif cerrahi saha enfeksiyonu(%0-7), korreksiyon kaybı, psödoartroz, revizyon cerrahisi gereksinimi ve medikal komplikasyonlardır [5, 9,13,16,24, 42, 45, 48, 66, 73].

Anterior cerrahinin komplikasyonları cerrahi yaklaşıma, nöral yapıların dekompresyonlarına ve omurganın stabilizasyonuna bağlı gelişebilmektedir [19-21,23]. Pnömotoraks veya hemopnömotoraks cerrahi alana sıvı doldurarak ve bu sırada akciğerlerin solması sırasında varsa hava kaçağını saptayarak

önlenebilir. Ayrıca postoperatif akciğer grafisi çekildiğinde erken tanı ve tedavisi yapılabilir. Diyafram tamirinin yetersiz bir şekilde yapılması herniasyonla birlikte postoperatif solunum problemleri ve atalektaziye yol açabilir. Karşı taraftaki akciğerin atalektazisi peroperatif ve ekstubasyondan hemen sonra endotrakeal aspirasyon yapılarak önlenebilir. Bunlar dışında görülen komplikasyonlar ise;üreter yaralanması, torasik lenf kanalı yaralanması ve dalak yırtılmasıdır. Lomber omurgaların diseksiyonu sırasında psoas kasının aşırı ekstansiyonu ve gerilmesi, ekstör ve transfers çıkıntı arasında lomber pleksusun kompresyonuna ve nöropraksiye yol açar. İpsilateral sempatektomi alt ekstremitelerde geçici rahatsızlığa sebep olur. Çoğu post-travmatik kifozda genel sağlık durumu, yaş, travma tipi, travmayla operasyon arasında geçen zaman, cerrahi tecrübe cerrahi tedavinin başarısını etkilemektedir [47,48]. Travma sonrası cerrahi uygulanmasına kadar geçen zaman ve kifotik deformitenin derecesi postoperatif ve final korreksiyon oranını, hastaların ağrı ve fonksiyonel kapasitelerini ve SRS 22 anketinin sonuçlarını olumsuz etkilemektedir [88].

Sonuç

PTK'nın tedavisinde birinci öncelik hastanın nörolojik durumunun düzeltilmesidir. İlerleyen nörolojik defisiti veya geçmeyen kısmi nörolojik defisiti olan hastalar için, anterior cerrahi girişim dekompresyonun tam olarak yapılmasını garantiye aldığından dolayı endikedir. Nörolojik olarak sağlam hastalarda veya tam nörolojik defisiti olan hastalarda, sürekli lokal ağrı kaynağı olan mekanik instabilite için PTK tedavi edilmelidir.

Tedavi yalnız anterior ve posterior elemanların stabilitesi için değil aynı zamanda kifozun fleksibilitesine bağlıdır. Eğer posterior elemanlar sağlam ve fleksibl ise enstrumantasyon ile birlikte yapılan anterior dekompresyon ve füzyon akılcı bir yaklaşım olarak görülmektedir. Kombine yaklaşım (anterior+posterior) genellikle posterior stabilite ile ilgili aklımızda soru olduğu zaman gereklidir. Bazı vakalarda instabil posterior elemanlar bulunsu bile Kaneda sistemi kullanıldığında anterior cerrahi tek başına yeterli olabilmektedir.

Kifoz rijit olduğunda dorso-ventro-dorsal cerrahi seçilebilecek tedavi seçeneklerinden birisidir. Son zamanlarda kapalı kama (closing wedge) osteotomisi en az morbidite ile en başarılı sonuç alınan yöntemlerden birisidir ancak teknik zorluklar ve riskler akılda bulundurulmalıdır. Bu yöntemle tek seansta tam bir dekompresyon ve korreksiyon elde edilebilir. Anterior cerrahiye ve enstrumantasyona gerek kalmaz; posterior enstrumantasyonla rijit bir fiksasyon ve füzyon sağlanır (Resim 2).

Günümüzde posterior kapalı kama osteotomisi diğer yöntemle-

re göre daha iyi sonuçların bildirilmesiyle popüler hale gelmiştir [34].

Heinig sagittal deformiteleri tek seansta düzeltmek için posteriordan egg-shell yöntemini ilk defa kullanandır [8]. Gerbzein ve arkları semptomatik PTK olan ve açılanması 30 derecenin üzerinde olan 3 vakada kapalı kama osteotomisi (closing dorsal wedge osteotomisi) ile başarılı bir şekilde tedavi etmişlerdir [5]. Benzer bir yaklaşımı da Suk ve arklarının osteoporotik kırıklara bağlı PTK ve nörolojik bulgular gelişen yaşlı hastalarda uyguladıkları posterior kapalı kama (closing wedge) osteotomisidir [37]. Yaptıkları karşılaştırmalı çalışmalarında bu yöntemin kombine anterior-posterior yaklaşıma göre daha iyi bir alternatif olduğunu bildirmektedirler [37] (Tablo VI). Osteoporotik hastalarda vertebra cisminin posterior duvarı yumuşak olduğu için dekompresyon daha kolay ve güvenli yapılabilmektedir. Ayrıca pediküller vertebra cismine göre osteoporotik hastalarda daha sağlamdır. Bu yüzden anterior girişimde vidalar cisimlere konulduğundan ve cisimlerde zaten osteoporotik olduğundan transpediküler vida fiksasyonu çok daha güçlü olmakta ve postoperatif daha iyi mekanik stabilite elde edilmektedir (Resim 3).

Kawahara ve arkları 7 vakalık serilerinde closing-opening wedge osteotomisi ile anguler kifotik deformiteleri başarı ile düzelttiklerini bildirmişlerdir [13].

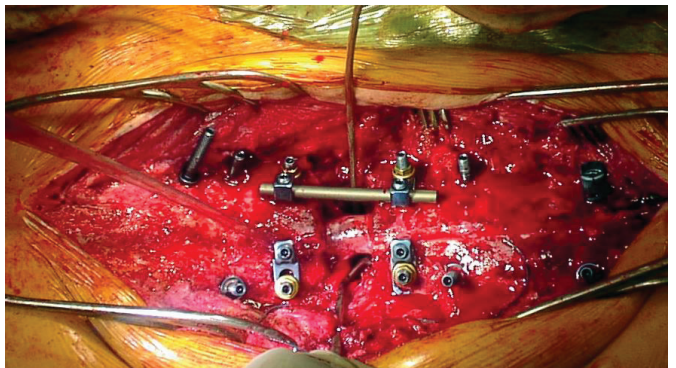
Kliniğimizde posteriordan egg-shell ve kapalı kama osteotomi yöntemi 6 yıldan beri uygulanmakta ve başarılı sonuçlar alınmaktadır. PTK'un cerrahi tedavisinde tercih ettiğimiz bir yöntemdir.

Cerrahi teknik: Hasta prone pozisyonda yatırılıp SSEP elektrodları yerleştirildikten sonra standart olarak kifotik vertebranın 2 alt ve 2 üstüne (bu sayı olguya göre değişebilmektedir) transpediküler vidalar yerleştirilir. Kifotik vertebrada total laminektomi yapılır ve transpediküler yoldan vertebranın içi küretle boşaltılır. Pediküller eksize edilir. Transvers çıkıntılar tabanından ayrılarak serbestleştirilir(Eksize edilmeyip yerinde bırakılırsa füzyona yardımcı olur). Pediküler bölge gittikçe genişletilerek kifotik vertebranın yan korteksleri kısmen alınır, posterior korteksi medullanın altından öne doğru itilerek kırılır ve kifoz düzeltilir, stabilizasyon ve greftleme yapılır. Sonra medullanın üzeri biyobiyomateriyaller ile kapatılır. Sinir kökleri kontrol edilir. Torakolomber bileşkede veya lomber omurgada görülen kifoz anormal kabul edilmelidir. Winter ve Hall kifozu değişik gruplar halinde sınıflandırmışlardır [41]. Kifotik deformitenin nedeninin bilinmesi tedavi şeklini belirleyeceği için önemlidir.

Sagittal indeks vertebra kırıklarında oluşan lokal kifoz deformi-



(3a)



(3b)

Resim 3. Posterior kama osteotomisi (3a) ve eggshell posedürü uygulaması (3b) intraoperatif görüntüleri.



Şekil 1. Sagittal indeksin hesaplanması. Örnek olarak T10 vertebra kırığı oluşan bir hastada aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi sagittal indeksi hesaplayacak olursak; Kifotik deformite (30°) – Normal fizyolojik açı (5°) = 25°

tesinin değerlendirilmesinde önemlidir. Lateral grafi üzerinde hesaplanır. Ölçülen lokal kifoz açısından normal kifoz açısı çıkarıldığında sagittal indeks açısı elde edilir (Şekil 1).

(Sagittal indeks = Kifoz açısı - normal fizyolojik açı)

Sagittal indeks ölçümünde normal fizyolojik açıların bilinmesi önemlidir. Bu açılar dorsal bölgede T1-T11 arasında 5°; T12 ve L1'de 0°; lomber bölgede L2-L5'de (-10°)'dir. Sagittal indeks 15°-20°'ye kadar normal kabul edilir. Daha fazla olursa düzeltilmesi önerilir. Cerrahi tedavi endikasyonlarından birisidir. Akut bir vertebra travmasında tedavinin ana hedefleri deformitenin düzeltilmesi, mekanik stabilite sağlanması ve nörolojik hasarın en iyi duruma getirilmesidir. Eğer bu hedeflere ulaşılamazsa, PTK gelişmesi muhtemel deformitelerden birisidir [12,14,33]. Konservatif olarak tedavi edilen ve osteoporotik-frajil torakolomber vertebra kırığı olan hastaların bazısında, yavaşça ilerleyen bir şekilde kifoz ve spinal kordun geç komplikasyonları ve kauda equina sendromu görülür. Bu ciddi nörolojik patolojinin nedeni kollaps olmuş vertebranın geriye doğru kayan kemik parçası sonucu anterior spinal kanaldaki nöral yapıların sıkışmasıdır [7]. Vertebral kollapsın seviyesi en çok T12 ve L1'de yoğunlaşır ve kırık sonrası 6 ay içinde görülür. Özellikle gençlerdeki spinal kord yaralanmasının alt seviyelerinde kifoz sık olarak gelişir [26].

Kaynaklar

- Balderston RA, An HS. Complications in spinal surgery. WB Saunders Co, Philadelphia, 1991.
- Bohlman HH, Kirkpatrick JS, Delamarter RB, Leventhal M. Anterior decompression for late pain and paralysis after fractures of the thoracolumbar spine. *Clin Orthop* 1994;300:24-9.
- Böhm H, Harms J, Donk R, Zielke K. Correction and stabilization of angular kyphosis. *Clin Orthop*. 1990;258:56-61.
- Freeman BL. Scoliosis and Kyphosis. *Campbell's Operative Orthopedics*. Ed: Canale ST, Mosby, Philadelphia, 1752-1891, 2003.
- Gertzbein SD, Harris MB. Wedge osteotomy for the correction of post-traumatic kyphosis. A new technique and a report of three cases. *Spine*. 1992;17(3):374-9.
- Hammeberg KW. Kyphosis. In Bridwell KH, DeWaal RL, eds: *The Textbook of spinal surgery*, JB Lippincott, PA, USA, 1991.
- Harms J, Tabasso G. Instrumented spinal surgery: Principles and techniques. Thieme, Stuttgart/New York, 1999.
- Heinig CF, Boyd BM. One stage vertebrectomy or eggshell procedure. *Orthop Trans*. 1985;9:130.
- Jodoin A, Gillet P, Dupuis PR. Surgical treatment of post-traumatic kyphosis: A report of 16 cases. *Can J Surg* 1989;32(1):36-42.
- Kaneda K, Ito M. Thoracic and lumbar fractures with emphasis on osteoporotic-posttraumatic vertebral collapse. In *Management of fractures in severely osteoporotic bone*. Obrant K (ed), Springer-Verlag, 2000, 214-27.
- Kaneda K. Anterior approach and Kaneda instrumentation for lesions of the thoracic and lumbar spine. In: Bridwell KH, Dewald RL (eds). *Textbook of spinal surgery*. Lippincott, PA, USA, 959-90, 1991.
- Karaiakovic E, Gaines RW. Trauma: anterior versus posterior reconstruction in thoracic and lumbar fractures. *Curr Opin Orthop* 2001;12:189-98.
- Kawahara N, Tomita K, Baba H, Kobayashi T, Fujita T, Murakami H. Closing-opening osteotomy to correct angular kyphotic deformity by a single posterior approach. *Spine* 2002;26(4):391-402.
- Korovessis P, Piperos G, Sidiropoulos P, Karagiannis A, Dimas T. Spinal canal restoration by posterior distraction or anterior decompression in thoracolumbar spinal fractures and its influence on neurological outcome. *Eur Spine J*. 1994;3(6):318-24.
- Kostuik JP, Errico TJ, Gleason TF. Techniques of internal fixation for degenerative conditions of the lumbar spine. *Clin Orthop*. 1986; (203):219-31.
- Kostuik JP, Matsusaki H. Anterior stabilization, instrumentation, and decompression for post-traumatic kyphosis. *Spine*. 1989;14(4):379-86.
- Kostuik JP, Maurais GR, Richardson WJ, Okajima Y. Combined single stage anterior and posterior osteotomy for correction of iatrogenic lumbar kyphosis. *Spine*. 1988;13(3):257-66.
- Kostuik JP, Shapiro MB. Open surgical treatment of osteoporotic fractures and deformity of the spine. *Instr Course Lect*, 2003;52:569-78.
- Kostuik JP. Anterior Kostuik-Harrington distraction systems for the treatment of kyphotic deformities. *Spine*. 1990;15(3):169-80.
- Lange U, Knop C, Bastian L, Blauth M. Prospective multicenter study with a new implant for thoracolumbar vertebral body replacement. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2003;123(5):203-8.
- Leventhal MR. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of spine. *Campbell's Operative Orthopedics*. Ed: Canale ST, Mosby, Philadelphia, 1597-1675, 2003.
- Lonstein JE, Winter RE, Bradford DS, Moe JH, Bianco AJ. Post laminectomy spine deformity. *J Bone Joint Surg*. 1976;58A:727-32.
- Lonstein JE, Winter RW. Long multiple struts for severe kyphosis. *Clin Orthop* 2002;394:130-8.
- Malcolm BW, Bradford DS, Winter RB, Chou SN. Post-traumatic kyphosis. A review of forty-eight surgically treated patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63(6):891-9.
- Marco RW, An HS. Anatomy of the spine. *Orthopaedic Knowledge Update Spine 2* (eds), American Academy of Orthopedic Surgeons, Illinois, 7-14, 2002.
- Mayfield JK, Erkkila JC, Winter RB. Spine deformity subsequent to acquired childhood spinal cord injury. *J Bone Joint Surg*. 1981;63: 1401-11.
- McAfee PC. Spinal instrumentation for thoracolumbar fractures. In *The Spine*. 3rd. Ed. Eds. Rothman RH, Simone FA. W.B. Saunders, PA, USA, 1135-66, 1992.
- McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA. The unstable burst fracture. *Spine* 1982; 7:365-9.
- McAfee PC. Complications of anterior approaches to the thoracolumbar spine. Emphasis on Kaneda instrumentation. *Clin Orthop* 1994; 110-9.
- McEvoy RD, Bradford DS. The management of burst fractures of the thoracic and lumbar spine: Experience in 53 patients. *Spine* 1985;10:631-7.
- Ogilvie JW. Spinal Biomechanics. In Moe's Textbook of scoliosis and other spinal deformities. 3rd. Ed. Eds. Lonstein JE, Winter RB, Bradford DS, Ogilvie JW. WB Saunders Co, Philadelphia, 1996.
- Roberson JR, Whitesides TE Jr. Surgical reconstruction of late post-traumatic thoracolumbar kyphosis. *Spine* 1985;10(4):307-12.
- Rommens PM, Weyns F, Van Calenbergh F, Goffin J, Broos PL. Mechanical performance of the Dick internal fixator: a clinical study of 75 patients. *Eur Spine J*. 1995;4(2):104-9.
- Shimode M, Kojima T, Sowa K. Spinal wedge osteotomy by a single posterior approach for correction of severe and rigid kyphosis or kyphoscoliosis. *Spine* 2002; 27(20):2260-7.
- Stagnara P. Spinal deformity. London, Butterworth, 1988.
- Stambough JL. Posterior instrumentation for thoracolumbar trauma. *Clin Orthop* 1997, 335: 73-88.
- Suk SI, Kim JH, Lee SM, Chung ER, Lee JH. Anterior-posterior surgery versus posterior closing wedge osteotomy in post-traumatic kyphosis with neurologic compromised osteoporotic fracture. *Spine*. 2003; 15;28(18):2170-5.
- Transfeldt EE, White D, Bradford DS, Roche B. Delayed anterior decompression in patients with spinal cord and cauda equina injuries of the thoracolumbar spine. *Spine* 1990; 15: 953-7.
- Vaccaro AR, Jacoby SM. Thoracolumbar fractures. *Orthopaedic Knowledge Update Spine 2* (eds), American Academy of Orthopedic Surgeons, Illinois, 263-78, 2002.
- White AA 3rd, Panjabi MM, Thomas CL. The clinical biomechanics of kyphotic deformities. *Clin Orthop* 1977;(128):8-17.
- Winter RB, Hall JE. Kyphosis in childhood and adolescence. *Spine* 1978; 3: 85-8.
- Wu SS, Hwa SY, Lin LC, Pai WM, Chen PQ, Au MK. Management of rigid post-traumatic kyphosis. *Spine*. 1996 1;21(19):2260-6.
- Wu SS, Hwa SY, Lin LC, Pai WM, Chen PQ, Au MK. Management of rigid post-traumatic kyphosis. *Spine*. 1996; 1;21(19): 2267discussion.
- Tay BKB, Eismont F. Cervical spine fractures and dislocations. In: Fardon DF, Garfin SR, Abitbol JJ, et al, editors. *Orthopaedic knowledge update: spine 2*. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2002:247-62.
- Vaccaro AR, Silber JS. Post-traumatic spinal deformity. *Spine* 2001;26:S111-8.
- Jacob M, Buchowski, Craig A, Kuhns, Keith H, Bridwell, Lawrence G. Lenke. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar kyphosis. *The Spine Journal* 8 (2008) 666-677
- Polly DW Jr, Klemme WR, Shawen S. Management options for the treatment of posttraumatic thoracic kyphosis. *Semin Spine Surg* 2000;12:110-6.
- Keene JS, Lash EG, Kling TF Jr. Undetected posttraumatic instability of "stable" thoracolumbar fractures. *J Orthop Trauma* 1988;2:201-11.
- McLain RF, Burkus JK, Benson DR. Segmental instrumentation for thoracic and thoracolumbar fractures: prospective analysis of construct survival and five-year follow-up. *Spine J* 2001;11:310-3.
- Knop C, Fabian HF, Bastian L, et al. Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting. *Spine* 2001;26:88-99.
- Shen WJ, Liu TJ, Shen YS. Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurological deficit. *Spine* 2001;26:1038-45.
- Young WF, Brown D, Kandler A, Clements D. Delayed post-traumatic osteonecrosis of a vertebral body (Kummell's disease). *Acta Orthop Belg* 2002;68:13-9.
- Chou LH, Knight RQ. Idiopathic avascular necrosis of a vertebral body: case report and literature review. *Spine* 1997;22:1928-32.
- Standaert C, Cardenas DD, Anderson P. Charcot spine as a late complication of traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:221-5.
- McBride GG, Greenberg D. Treatment of Charcot spinal arthropathy following traumatic paraplegia. *J Spinal Disord* 1991;4:212-20.
- Harrison MJ, Sacher M, Rosenblum BR, Rothman AS. Spinal Charcot arthropathy. *Neurosurgery* 1991;28:273-7.
- Schwartz HS. Traumatic Charcot spine. *J Spinal Disord* 1990;3: 269-75.
- Selmi F, Frankel HL, Kumaraguru AP, Apostopoulos V. Charcot joint of the spine, a cause of autonomic dysreflexia in spinal cord injured patients. *Spinal Cord* 2002;40:481-3.
- Sobel JW, Bohlman HH, Freehafer AA. Charcot's arthropathy of the spine following spinal cord injury. A report of five cases. *J Bone Joint Surg Am* 1985;67:771-6.
- Stoltz D, Harms J. Correction of post-traumatic deformities: principles and methods. *Orthopaed* 1999;28:731-45.
- Eysel P, Hopf C, Furdere S. Kyphotic deformation in fractures of the thoracic and lumbar spine. *Orthopaed* 2001;30:355-64.
- Kaneda K. Anterior approach and Kaneda instrumentation for lesions of the thoracic and lumbar spine. In: Bridwell KH, DeWald RL, eds. *The Textbook of Spinal Surgery*. Philadelphia: Lippincott, 1991:959-90.
- Bohlman HH, Freehafer A, Dejak J. The results of treatment of acute injuries of the upper thoracic spine with paralysis. *J Bone Joint Surg Am* 1985;67:360-9.
- Abel R, Gerner HJ, Smit C, Meiners T. Residual deformity of the spinal canal in patients with traumatic paraplegia and secondary changes of the spinal cord. *Spinal Cord* 1999;37:14-9.
- Aydin E, Solak AS, et al. Z-plate instrumentation in thoracolumbar spinal fractures. *Bull Hosp Jt Dis* 1999;58:92-7.
- Been HD, Poolman RW, Ubags LH. Clinical outcome and radiographic results after surgical treatment of post-traumatic thoracolumbar kyphosis following simple type A fractures. *Eur Spine J* 2004;13:101-7.
- Moe JH, Winter RB, Bradford DS, et al. *Scoliosis and Other Spinal Deformities*. Philadelphia: Saunders, 1987:540-77. 31. Been HD, Poolman RW, Ubags LH. Clinical outcome and radiographic results after surgical treatment of post-traumatic thoracolumbar kyphosis following simple type A fractures. *Eur Spine J* 2004;13:101-7.
- Anderson PA, Bohlman HH. Late anterior decompression of thoracolumbar spine fractures. *Semin Spine Surg* 1990;2:54-62.
- Bradford DS, McBride GG. Surgical management of thoracolumbar spine fractures with incomplete neurologic deficits. *Clin Orthop Relat Res* 1994;218:201-26.
- Ozgun BM, Aryan HE, Pimenta L, Taylor WR. Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J*. 2006 Jul-Aug;6(4):435-43
- Illes T, de Jonge T, Doman I, Doczi T. Surgical correction of the late consequences of post-traumatic spinal disorders. *J Spinal Disord Tech* 2002;15: 127-32.
- La Chapelle EH. Osteotomy of the lumbar spine for correction of kyphosis in a case of ankylosing spondylarthritis. *J Bone Joint Surg Am* 1946;28:851-8.
- Chang KW. Oligosegmental correction of post-traumatic thoracolumbar angular kyphosis. *Spine* 1993;18:1909-15.
- Herbert JJ. Vertebral osteotomy. Technique, indications, and results. *J Bone Joint Surg Am* 1948;30:680-9.
- Potter BK, Lenke LG, Kuklo TR. Prevention and management of iatrogenic flatback deformity. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:1793-808.
- Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. *Clin Orthop Relat Res* 1985;194:142-52.
- Heinig CF. Eggshell procedure. In: Luque ER, editor. *Segmental spine instrumentation*. Thorofore, NJ: Slack, 1984:221-34.
- Chewning SJ Jr, Heinig CF. Eggshell procedure. In: Bradford DS, editor. *The spine*. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven Publishers, 1997:199-208.
- Murrey DB, Brigham CD, Kiezbak GM, Finger F, Chewning SJ. Transpedicular decompression and pedicle subtraction osteotomy (eggshell procedure): a retrospective review of 59 patients. *Spine* 2002;27:2338-45.
- Bridwell KH, Lewis SJ, Rinella A, et al. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *Surgical technique*. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:44-9.
- Bridwell KH, Lewis SJ, Edwards C, et al. Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. *Spine* 2003;28:2093-101.
- Bridwell KH, Lewis SJ, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85:454-63.
- Bridwell KH, Lenke LG, Lewis SJ. Treatment of spinal stenosis and fixed sagittal imbalance. *Clin Orthop Relat Res* 2001;384:35-44.
- Suk SI, Chung ER, Lee SM, et al. Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity. *Spine* 2005;30:E703-10.
- Suk SI, Kim JH, Kim WJ, et al. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. *Spine* 2002;27:2374-82.
- Cohen DB, Chotivichit A, Fujita T, et al. Pseudarthrosis repair. Autogenous iliac crest versus femoral ring allograft. *Clin Orthop Relat Res* 2000;371:46-55.
- Ahn UM, Ahn NU, Buchowski JM, et al. Functional outcome and radiographic correction after spinal osteotomy. *Spine* 2002;27: 1308-11.
- Teoman Benli, Alper Kaya, Vedat Uruc, Serdar Akalin. Minimum 5-Year Follow-up Surgical Results of Post-traumatic Thoracic and Lumbar Kyphosis Treated With Anterior Instrumentation Comparison of Anterior Plate and Dual Rod Systems. *Spine* 2007;32:986-994